

Mikko Antikainen

Jäteveden lämmöntalteenoton mahdollisuudet Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Mikko Antikainen

Työn nimi: Jäteveden lämmöntalteenoton mahdollisuudet Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla

Ohjaaja: Ensio Heinonen ja Marita Viljanmaa

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän työn tarkoituksena on selvittää Seinäjoen jätevedenpuhdistamon mahdollisuuksia jäteveden lämmöntalteenotossa. Opinnäytetyössä käsitellään jäteveden lämmöntalteenoton mahdollisia vaikutuksia puhdistusprosessiin ja täten lämmöntalteenoton sijoitusta ja laitteistoa.

Kansallisten rakentamismääräysten ja EU-direktiivien kiristyessä tarvitaan yhä enemmän keinoja energian säästämiseksi. Kunnallisjäteveden sisältämä lämpöenergia on yksi potentiaalinen hyödynnettävissä oleva lämmitysenergiamuoto. Jäteveden sisältämä lämpöenergia riippuu aineen massavirrasta, lämpötilasta ja aineen ominaislämpökapasiteetista.

Lämmöntalteenottojärjestelmän koko määräytyy lämmitettävän kiinteistön lämmitystehon tarpeen mukaan. Rakennuksen lämmitystehon tarve taas määräytyy rakennuksen lämpöhäviöiden mukaan. Lämpöhäviöihin vaikuttaa rakennuksen sijainti, eri rakenneosissa käytetyt materiaalit, eristepaksuudet, ikkunoiden ja ovien pinta-ala sekä ilmanvaihdon toteutustapa.

Avainsanat: lämpöpumput, jätevesi, lämpö, talteenotto, energiansäästö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Technology

Author: Mikko Antikainen

Title of thesis: Wastewaters heat recovery potential of wastewater treatment plant in Seinäjoki

Supervisor: Ensio Heinonen and Marita Viljanmaa

Year: 2016

Number of pages: 40

Number of appendices: 0

The purpose of this work is to find out the possibilities in the heat recovery of wastewater of wastewater treatment plant in Seinäjoki. The thesis deals with the possible effects of wastewater heat recovery to the cleaning process and thus the placement of heat recovery facilities in the system.

When the national building regulations and the EU directives tighten, increases the need for ways to save energy. The thermal energy contained in municipal wastewater is one of the potential exploitable forms of energy for heating. The thermal energy contained by the wastewater depends on the mass flow rate, on the temperature and on the specific heat capacity of the substance.

The size of the heat recovery system is determined by the heating power need of the building. The buildings need of heating power is determined by the heat loss of the building. Things that affect to the heat losses are the location of the building, the materials that have been used, the thickness of insulation, the area of the windows and doors and the way that the ventilation system have been implemented.

Keywords: Heat pump, wastewater, heat, recovery, energy saving

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	9
2 SEINÄJOEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOT	10
2.1 Seinäjoen jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi	10
2.2 Puhdistusvaatimukset ja -tulokset.....	13
2.3 Rakennuksen lämmitystehon tarve	14
3 JÄTEVEDEN SISÄLTÄMÄ LÄMPÖENERGIA.....	15
3.1 Puhdistamolle tulevan jäteveden virtaama ja lämpötila.....	16
3.2 Jäteveden lämpöteho.....	18
3.3 Lämmöntalteenotto jätevedestä kiinteistössä	18
3.4 Saadun lämpöenergian käyttömahdollisuudet	19
4 LÄMPÖPUMPPU	21
4.1 Pääkomponentit.....	21
4.2 Lämpöpumpun toimintaperiaate.....	24
4.3 Lämpökerroin eli hyötysuhde	25
4.4 Lämpöpumpun mitoitus ja valinta.....	27
4.5 Lämmönkeruujärjestelmä.....	28
4.6 Lämpöpumppuvalmistajia	29
4.6.1 Lämpöässä	30
4.6.2 Oilon Scancool.....	32
4.6.3 NIBE	33
5 LAINSÄÄDÄNTÖ	34
5.1 Rakentamismääräykset	34
5.2 Vesihuoltolaki.....	34
6 KATSELMUS- JA INVESTOINTITUET	35

7 POHDINTA	38
LÄHTEET	39

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Jätevedenpuhdistuksen prosessikaavio (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016]).....	13
Kuvio 2. Lämpötase asuinkerrostalossa (Motiva, [viitattu 11.2.2016]).	16
Kuvio 3. Seinäjoen jätevedenpuhdistamon jätevesien virtaama vuonna 2015.....	17
Kuvio 4. Seinäjoen jätevedenpuhdistamon jätevesien lämpötila vuonna 2015.	17
Kuvio 5. Scroll-kompressor (Danfoss, [Viitattu 4.4.2016]).	22
Kuvio 6. Ruuvikompressor (LVI Puumala Oy, [Viitattu 6.4.2016]).	22
Kuvio 7. Esimerkki höyrystimestä/lauhduttimesta (Multitherm coils, [Viitattu 4.4.2016]).....	24
Kuvio 8. Lämpöpumpun toimintakaavio (Lännen ilmatekniikka, [viitattu 22.1.2016]).	25
Kuvio 9. Lämpötilatasojen vaikutus lämpökertoimeen. T2 on lämmönkäytön lämpötila, esimerkiksi lämmitysverkoston vesi (Lämpöpumpputyypit, [viitattu 22.1.2016]).....	27
Kuvio 10. Esimerkki spiraalilämmönvaihtimesta (Alfa Laval, [Viitattu 5.4.2016]). .	29
Kuvio 11. Spiraalilämmönvaihtimen toimintaperiaate (Alfa Laval, [Viitattu 5.4.2016]).....	29
Kuvio 12. Lämpöässä T-mallin toiminta (T/P-maalämpöpumput, [Viitattu 6.4.2016]).....	30
Kuvio 13. Lämpöässä P-mallin toiminta (T/P-maalämpöpumput, [Viitattu 6.4.2016]).....	31
Kuvio 14. Lämpöässä maalämpökeskus (Maalämpökeskus, [Viitattu 6.4.2016])..	32

Taulukko 1. Puhdistustulokset, vuosi 2014 (Puhdistusvaatimukset ja -tulokset, [Viitattu 13.1.2016]).....	14
--	----

Taulukko 2. ChillHeat-tuotteiden ominaisuuksia (Oilon ChillHeat, [Viitattu 6.4.2016]).....	33
--	----

Käytetyt termit ja lyhenteet

Dispersiovesi	Paineilman ja veden sekoitus.
ESCO	Energy Service Company. Energiansäästömahdollisuuksia tuottava yritys tai palvelu.
Flokkaus	Veden sisältämät epäpuhtaudet kootaan suuremmiksi hiutaleiksi flokkausaineen avulla.
Flotaatio	Jätevedestä erotellaan kiintoainetta paineilman ja veden sekoituksen avulla. Pienet ilmakuplat sitoutuvat jätevedessä olevaan lietteeseen nostaen sitä pintaan.
Hermeettinen	Täysin umpinainen ja ilmatiivis rakenne.
LTO	Lämmöntalteenotto. Lämpöenergiaa siirretään hyötykäyttöön rakennuksesta pois johdettavasta aineesta.
Lämmitysenergia	Tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen käytetty energiamäärä.

Rakennuksen energiankulutus

Rakennuksen vuotuinen lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettu energiamäärä, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä.

TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
Välppä	Karkea isosilmäinen suodatin/seula, jota käytetään esimerkiksi jäteveden puhdistuksessa ensimmäisenä suodattimena.

1 JOHDANTO

Jäteveden lämmöntalteenotto on Suomessa aiheena melko uusi. Kansallisten rakentamismääräysten ja EU-direktiivien kiristyessä tarvitaan energian säästämiseksi yhä enemmän keinoja. Suomen energiankäytöstä huomattavan suuri osa tulee tuontienä Suomeen rajojen ulkopuolelta ja tästä energiasta asuinrakennukset käyttävät merkittävän osan. Lisäksi rakennusten käyttämän energian määrän pienentäminen tulee olemaan merkittävä askel kohti kansallisia ja globaaleja ilmastotavoitteita. (Wasenco Oy, [Viitattu 20.1.2016].)

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Seinäjoen jätevedenpuhdistamon mahdollisuuksia jäteveden lämmöntalteenotossa. Kunnallisjäteveden sisältämä lämpöenergia on yksi potentiaalinen hyödynnettävissä oleva lämmitysenergiamuoto. Lämmityskustannusten noustessa ja rakentamismääräysten kiristyessä on pyrittävä minimoimaan hukkaenergian määrä. Kiinteistöjen jäteveden mukana rakennuksesta poistuu paljon lämpöenergiaa, jopa 15–30 % vuotuisesta lämmitysenergiasta. Tämän lämpöenergian talteenotolla pystyttäisiin pienentämään kiinteistön ostoenergian tarvetta ja täten parantamaan myös energiatehokkuutta.

Opinnäytetyössä käsitellään jäteveden lämmöntalteenoton mahdollisia vaikutuksia puhdistusprosessiin ja täten lämmöntalteenoton sijoitusta ja laitteistoa. Tarkastelussa on myös lämmöntalteenottojärjestelmään vaikuttavia rakennusmääräyksiä ja lainsäädäntöä sekä hankkeeseen mahdollisesti haettavissa olevia tukia.

2 SEINÄJOEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOT

Seinäjoen alueelta tulevasta asuin- ja teollisuusjätevedestä pääosa käsitellään Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla ja osa Ylistaron jätevedenpuhdistamolla. Lisäksi Atrian Nurmon tehtaan jätevedet ja osan Nurmon alueen jätevesistä käsittelee ostopalveluna Lapuan jätevesi Oy. (Jätevedenpuhdistamot, [Viitattu 13.1.2016].)

Seinäjoen jätevedenpuhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jota ajetaan ammonium- ja kokonaistyppeä poistaen. Jätevedenpuhdistamon mitoitusvirtaama on 22000 m³/d. Puhdistamolla käsitellään Seinäjoen kaupungin, Valion Seinäjoen tehtaan, Ylistaron Halkosaaren, Nurmon Hylykallion ja Peräseinäjoen alueen jätevedet. (Jätevedenpuhdistamot, [Viitattu 13.1.2016].)

Ylistaron jätevedenpuhdistamon mitoitusvirtaama on 790 m³/d ja se on myös biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Puhdistamolla käsitellään Ylistaron keskustan, Asemanseudun ja Pampunmäen jätevedet. (Jätevedenpuhdistamot, [Viitattu 13.1.2016].)

2.1 Seinäjoen jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi

Tulopumppaus. Laitokselle tulevat jätevedet nostetaan esikäsittelyyn kolmella ruuvipumpulla, joiden yhteiskapasiteetti on 2800 m³/h. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Välppäys. Tulevasta jätevedestä erotetaan karkein kiintoaines kahdella porrasvälpällä, joiden kapasiteetti on noin 2800 m³/h ja säleväli 3 mm. Välpe käsitellään välpepesurilla, jonka jälkeen se siirretään välpelavalle. Puristettua välpettä syntyy noin 25 tonnia vuodessa. Erotettu välpe kuljetetaan Lakeuden Etapin jätteenkäsittelyalueelle. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Hiekanerotus. Välppäystä seuraa ilmastettu hiekanerotus, jonka yhteydessä on rasvan- ja öljynerotuskaivo. Prosessissa altaan pohjalle laskeutunut hiekka-vesiseos pumpataan hiekkapesurin kautta hiekkalavalle. Erottunut vesi siirtyy takaisin

prosessiin. Hiekkalavalla oleva hiekka tyhjennetään noin kaksi kertaa vuodessa. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Esiselkeytys. Hiekanerotuksesta vesi johdetaan esiselkeytysaltaaseen, jonka pinta-ala on 707 m² ja tilavuus noin 1800 m³. Esiselkeytyksessä jätevedestä poistetaan liete, joka menee sakeuttamoon ja sieltä edelleen lietteen kuivaukseen. Liette laskeutuu altaan pohjalle, josta pohjalaaha ohjaa sen altaan keskellä olevaan lietetaskuun ja sieltä pumpaamalla sakeuttamoon. Esiselkeytetty vesi jatkaa altaan reunoilta ylivuotona ilmastusaltaisiin. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Meijeri-jätevesien esikäsittely. Valion Seinäjoen tehtaalta jätevedet johdetaan puhdistamolle omaa linjaa pitkin. Ennen neutralointia jätevesi viirasiivilöidään. Neutralointi tapahtuu tasausaltaassa, jonka tilavuus on noin 700 m³. Kemikaaleina käytetään väkevää rikkihappoa tai lipeää riippuen siitä, onko tuleva jätevesi emäksistä vai hapanta. Tasausaltaasta jätevesi pumpataan biotornin päälle, jossa se valuu kennostoa pitkin takaisin tasausaltaaseen tai väliselkeytykseen. Biotornin kennoston bakteerikanta puhdistaa sitä pitkin valuvaa jätevettä orgaanisesta aineksesta. Tasausaltaasta on myös erillinen flotaatiokierto, jossa jätevesi käsitellään ferrisulfaatilla. Flotaatiossa on kolme eri osaa; sekoitus, hämmennys ja selkeytys. Flotaatiosta poistettava liete flokataan dispersioveden avulla altaan pintaan. Pintaan nouseva liete ohjataan laahojen avulla lietetaskuun, josta se pumpataan sakeuttamoon. Puhdistettu jätevesi johdetaan ilmastukseen. Biotornista väliselkeytykseen johdetun jäteveden kiintoaines laskeutetaan altaan pohjalle, jonka tilavuus on noin 500 m³. Altaan pohjalta kiintoaines laahataan taskuun, josta se pumpataan sakeuttamoon. Puhdistettu jätevesi johdetaan ilmastukseen. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Ilmastus. Jätevesi johdetaan kahteen tulppavirtaukseen perustuvaan ilmastusaltaaseen, joiden syvyys on 4,5 m ja tilavuus 2950 m³/allas. Ilmastusaltaat on jaettu kolmeen lohkon väliseinillä. Ilmastus tapahtuu altaan pohjalla olevien 924:n ilmastuslautasen (Nopol pik 300) avulla, joiden kautta kolmella ilmastuskompressorilla tuotettu ilma johdetaan altaisiin. Ilmastusaltaiden ensimmäiset lohkot ovat hapettomia ja varustettu sekoittimilla, toinen ja kolmas lohko ovat hapellisia. Ilmastamalla altaiden sisältöä mahdollistetaan happea

tarvitsevien aerobisien mikro-organismien kasvaminen ja eläminen. Vastaavasti anaerobiset mikro-organismit tarvitsevat hapettomat olosuhteet, joka saadaan sekoittamalla altaan sisältöä sekoittimilla. Ilmastusaltaiden lietteestä osa on niin kutsuttua ylijäämälietettä, joka poistetaan ja johdetaan takaisin esiselkeytykseen. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

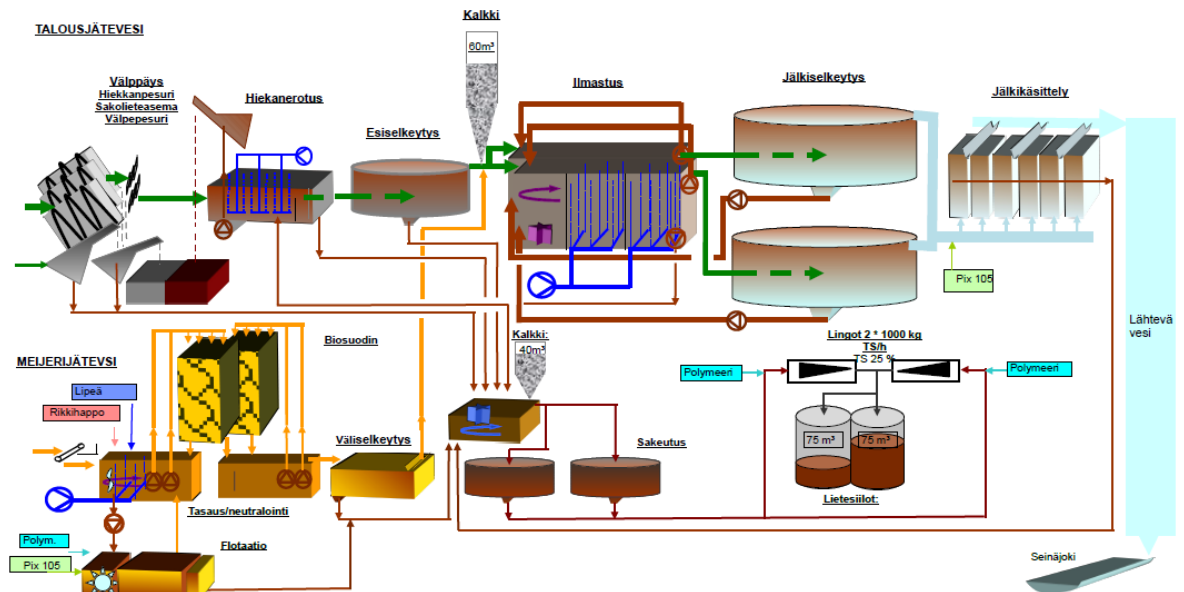
Jälkiselkeytyks. Ilmastuksesta jätevesi johdetaan kahteen jälkiselkeytysaltaaseen, joiden halkaisija on 40 m, pinta-ala 1018 m²/allas ja tilavuus noin 3750 m³/allas. Jälkiselkeytyksessä jätevedestä erotetaan liete, joka palautetaan ilmastusaltaaseen. Altaan pohjalle laskeutuva liete ohjataan pohjalaahalla altaan keskellä olevaan taskuun, josta se pumpataan takaisin ilmastusaltaan ensimmäiseen lohkon ylläpitämään mikrobipopulaatiota. Altaiden jälkisaostuskemikaalina käytetään ferrisulfaattia, joka annostellaan automaattisesti jätevesivirrasta riippuen. Jälkiselkeytetty jätevesi ohjataan ylivuotona jälkisuodatuksi. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Jälkisuodatus. Jätevesi johdetaan ensin kahden reikälevyvälpän lävitse, jonka jälkeen jätevesi nostetaan jälkisuodatusaltaisiin neljällä nostopumpulla, joista jokaisen kapasiteetti on 930 m³/h. Jälkisuodatusaltaita on 6 kpl, joiden yhteispinta-ala on 288 m² ja yhteistilavuus 1152 m³. Jokaisessa altaassa on 8 kpl DS6000 Dynasand-hiekkasuodatinta. Suodattimissa noin 3 metriä paksu kvartsihiekkakerros erottaa jätevedestä jälkiselkeytyksestä karkaavan kiintoaineksen. Tämän jälkeen jätevesi johdetaan yhdyskaivoon ja siitä edelleen Seinäjokeen. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Näytteenotto, online-mittaukset ja automaatio. Laitoksella on automaattinen näytteenotto teollisuusjätevedelle, tu*levalle, esi- ja jälkiselkeytetylle ja lähtevälle jätevedelle. Online-mittauksia on laitoksella useissa pisteissä, joilla mitataan mm. lämpötilaa, pH:ta, happipitoisuutta, kiintoainetta, lietteen sakeutta, virtaamia, johtokykyä, fosforia ja typpeä. Laitoksen prosessi on täysin automatisoitu. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)

Lietteenkäsittely. Liete pumpataan sakeuttamoista kahdelle lietteenkuivauslingolle, joilla lietettä kuivataan tasaisesti ympäri vuorokauden. Ennen linkousta lietteen kuiva-ainepitoisuus on noin 3–5 % ja lingon jälkeen 22–25

%. Kuivattu liete välivarastoidaan siloihin, joista se kuljetetaan Lakeuden Etapin biokaasulaitokselle. (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016].)



Kuvio 1. Jätevedenpuhdistuksen prosessikaavio (Puhdistusprosessi, [Viitattu 13.1.2016]).

2.2 Puhdistusvaatimukset ja -tulokset

Jätevedenpuhdistamoiden puhdistustuloksia tarkkaillaan neljännesvuosittain lupaviranomaisten velvoitetarkkailun mukaan. Vuonna 2014 Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla saavutetut puhdistustulokset ja hallinto-oikeuden 1.1.2011 alkaen jätevedenpuhdistamolle vahvistamat puhdistusvaatimukset olivat taulukon 1 mukaiset. (Puhdistusvaatimukset ja -tulokset, [Viitattu 13.1.2016].)

Taulukko 1. Puhdistustulokset, vuosi 2014 (Puhdistusvaatimukset ja -tulokset, [Viitattu 13.1.2016]).

Vuosi 2014	Puhdistustulos	Lupaehto
Biologinen hapenkulutus (BOD₇)		
pitoisuus (mg/l)	3,00	10
reduktio (%)	99,30	95
Kokonaisfosfori (Kok.P)		
pitoisuus (mg/l)	0,27	0,3
reduktio (%)	97,00	95
Ammoniumtyppi (NH₄)		
pitoisuus (mg/l)	18,10	4
reduktio (%)	68,30	-
Kemiallinen hapenkulutus (COD)		
pitoisuus (mg/l)	35,20	60
reduktio (%)	95,40	90
Kokonaistyyppi (Kok. N)		
pitoisuus (mg/l)	23,40	-
reduktio (%)	60,90	60

2.3 Rakennuksen lämmitystehon tarve

Rakennuksen todellinen lämmitystehon tarve määräytyy rakennuksen lämpöhäviöiden mukaan. Lämpöhäviöihin vaikuttaa rakennuksen sijainti, eri rakenneosissa käytetyt materiaalit, eristepaksuudet, ikkunoiden ja ovien pinta-ala sekä ilmanvaihdon toteutustapa. Lämmitystehon laskennassa määritellään riittävällä tarkkuudella rakenteiden läpi johtumalla siirtyvän lämmön ja ilmanvaihdosta aiheutuva lämpöhäviöiden korvaamiseen tarvittava energia aikayksikössä eli teho. Ympäristöministeriön laatiman Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on annettu ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan ja osassa D3 on annettu määräyksiä ja ohjeita rakennusten energiatehokkuuteen liittyen. (D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma.)

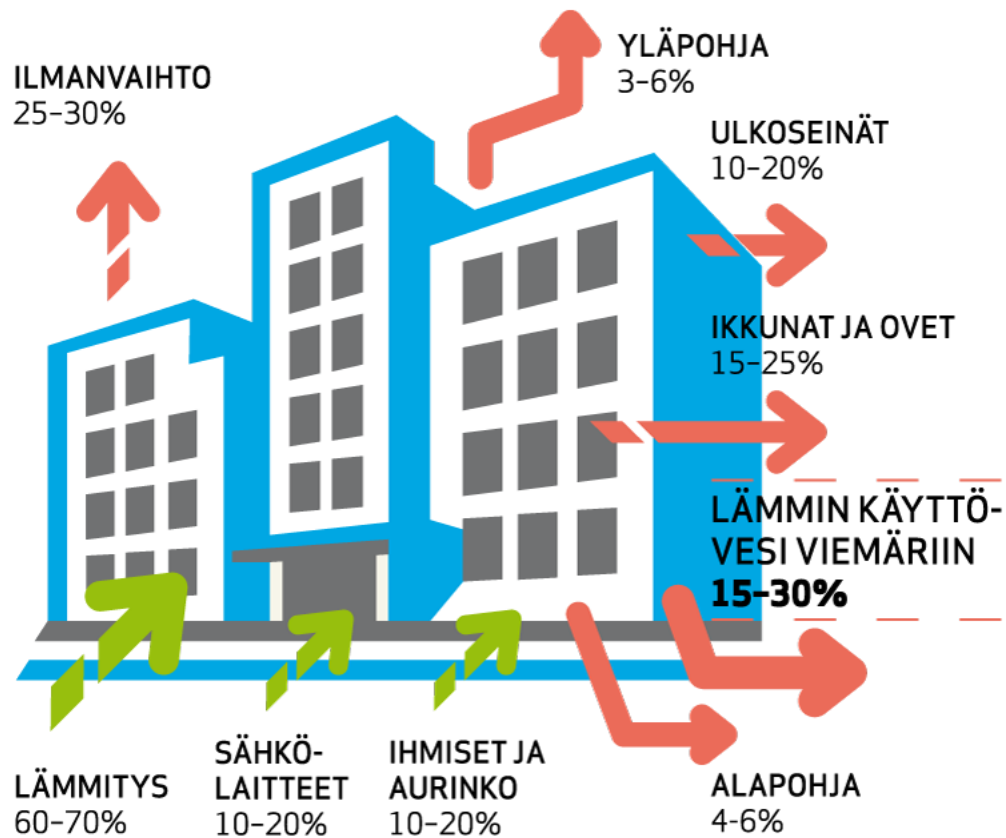
3 JÄTEVEDEN SISÄLTÄMÄ LÄMPÖENERGIA

Asuinrakennuksissa käytettävästä vuotuisesta lämmitysenergiasta 15–30 % valuu pois viemäriverkostoon. Energiatohokkuusvaatimusten kiristytessä tulee käyttöveden sisältämän energian osuus kiinteistön lämpötaseesta tulevaisuudessa olemaan yli 50 %. Kuviossa 2 on esitetty kerrostalon lämpötase. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

Suomessa käytetään päivässä asukasta kohti noin 155 litraa vettä, josta noin 40 % on lämmintä käyttövettä. Keskimäärin viemäriin valuu noin viidennes asuinrakennusten kokonaisenergiankulutuksesta, mutta vanhojen kiinteistöjen energiaremonttien johdosta jäteveden hukkaenergian osuus kokonaisenergiankulutuksesta tulee tulevaisuudessa kasvamaan. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

Eniten lämmintä jätevettä asuinkäytössä tuottavat peseytyminen, keittiön ja pyykin pesuvedet. Useimmiten keittiön ja pyykin pesuvedet on tuotettu asukkaan omalla taloussähköllä eikä keskitetyllä lämmöntuottojärjestelmällä. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

LÄMPÖTASE ASUINKERROSTALOSSA

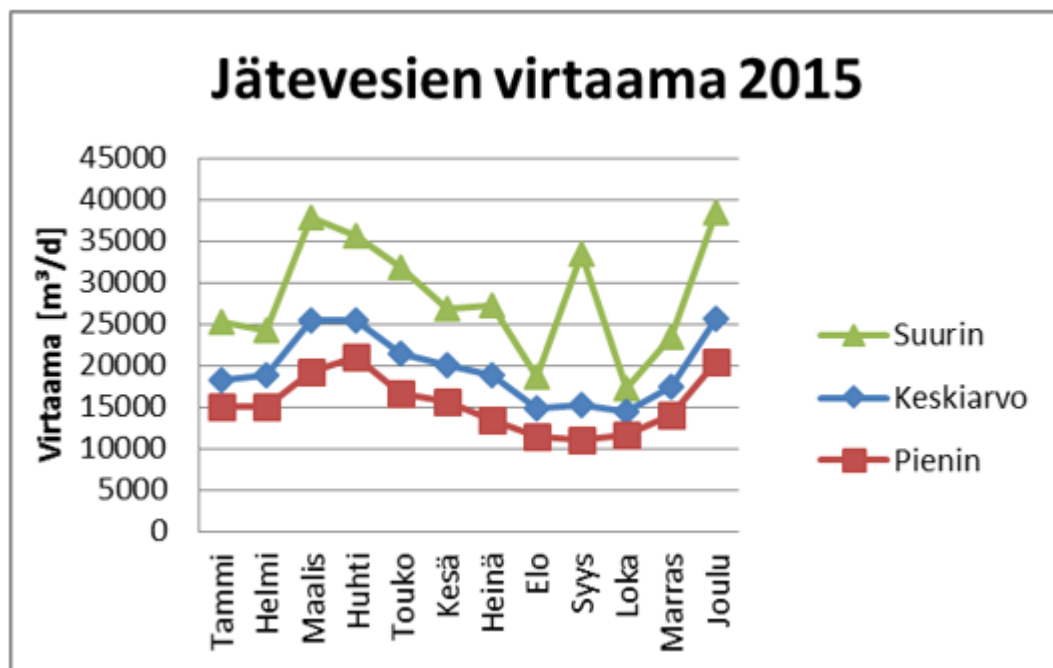


Kuvio 2. Lämpötase asuinkerrostalossa (Motiva, [viitattu 11.2.2016]).

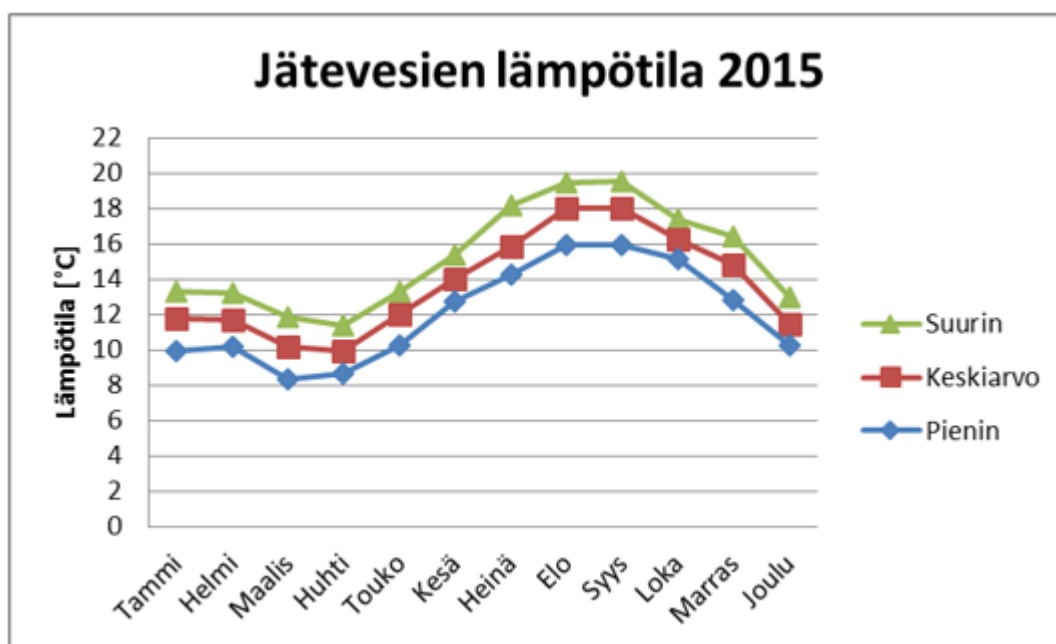
3.1 Puhdistamolle tulevan jäteveden virtaama ja lämpötila

Jätevesiviemäreissä puhdistamolle tulevan jäteveden virtaama vaihtelee vuorokauden- ja vuodenajan mukaan. Kuviossa 3 on esitetty Seinäjoen jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden virtaamia vuodelta 2015. Sulamisvesistä johtuen suurimmat virtaamat saadaan maalís-toukokuulla, kun taas kesällä virtaamat ovat pienemmät. Vuorokauden aikana virtaamat ovat pienimmät yöllä ja huiput ajoittuvat aamulle ja illalle. Vain yhdyskuntajätevesiä käsittelevillä jätevedenpuhdistamoilla jäteveden lämpötila on hyvin samanlainen. Jäteveden lämpötila vaihtelee vuodenajan mukaan, ollen talvella 8–13 °C ja kesällä 13–18 °C. Kuviossa 4 on esitetty Seinäjoen jätevedenpuhdistamon jäteveden lämpötiloja vuodelta 2015. Teollisuuden tai muiden suuria määriä vettä käyttävien laitosten

liittyminen jätevesiverkostoon saattaa aiheuttaa asteen tai parin muutoksia puhdistamolle saapuvan jäteveden lämpötilaan.



Kuvio 3. Seinäjoen jätevedenpuhdistamon jätevesien virtaama vuonna 2015.



Kuvio 4. Seinäjoen jätevedenpuhdistamon jätevesien lämpötila vuonna 2015.

3.2 Jäteveden lämpöteho

Jäteveden sisältämä lämpöenergia riippuu aineen massavirrasta, lämpötilasta ja aineen ominaislämpökapasiteetista. Seinäjoen jätevedenpuhdistamon jäteveden lämpötilan tyypillinen vaihteluväli on 8–18 °C. Lämmöntalteenoton yhteydessä jäteveden lämpötila laskee ja saattaa pahimmassa tapauksessa aiheuttaa purkuputken jäätymistä. Jäteveden lämpötilan ja virtauksen ollessa pienimmillään (8 °C ja 10 000 m³/d) voitaisiin jätevedestä teoreettisesti saada lämmitystehoa 2400 kW, jos LTO:lta pois tulevan jäteveden lämpötilan annetaan laskea 3 °C:n. Lämpöteho lasketaan kaavalla 1.

$$\Phi = \frac{V}{t} \cdot \Delta T \cdot \rho \cdot c_p \quad (1)$$

jossa

Φ = Teho eli lämpövirta [kW]

$\frac{V}{t}$ = Virtausnopeus [m³/s]

ΔT = Veden lämpötilaero [K, °C]

ρ = Tiheys [kg/m³]

c_p = Ominaislämpökapasiteetti [kJ/kg °C]

3.3 Lämmöntalteenotto jätevedestä kiinteistössä

Jäteveden lämmöntalteenoton kannattavuus kiinteistökohtaisella tasolla kasvaa mitä suurempia määriä käyttövetä kulkeutuu viemäriin. Tällaisia kohteita ovat rakennukset, joiden käyttäjämäärät ovat suuria ja joissa on esimerkiksi laitoskeittiö. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

Kiinteistökohtainen jäteveden lämmöntalteenotto on tulossa osaksi energia- ja kustannustehokasta rakentamista, kun jäteveden sisältämän lämpöenergian suhteellinen määrä kasvaa. Jäteveden lämmöntalteenotolla voidaan leikata kiinteistön kulutushuippuja ja näin tasata energialaitosten kuormitushuippuja.

Tasaisempi lämmönkulutus ilman suuria huipputehotarpeita on energiayhtiöillekin kannattavampaa liiketoimintaa, koska huipputehojen tuottaminen talven kylmimpinä kuukausina tuotetaan pääsääntöisesti kalliilla ja ympäristöä kuormittavilla fossiilisilla polttoaineilla. Kiinteistöjen pienempien kulutushuippujen myötä kaukolämpöverkoston kapasiteetti pystyy kattamaan suuremman kiinteistökannan. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

Wasenco lupaa Ecowec-hybridivaihtimen avulla saatavan talteen 30–70% kiinteistön sisällä tuotetusta jäteveden lämpöenergiasta, ilman että jätevettä tarvitsee ensin puhdistaa. Talteen otettua lämpöenergiaa voidaan käyttää kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen, mikä vähentää suoraan kiinteistön ostoenergian tarvetta. Jäteveden sisältämää lämpöenergiaa jää vielä tämänkin jälkeen käytettäväksi kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Kiinteistökohtaisella jäteveden lämmöntalteenotolla ei näin ollen ole vaikutusta jätevedenpuhdistamoiden toimintaan. Ympäristönäkökohtien kannalta jäteveden lämpöä kannattaa ottaa talteen niin kiinteistöissä kuin kunnallisilla jätevedenpuhdistamoillakin. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

Kunnallisissa jätevedenpuhdistamoissa jätevedestä talteen otettua lämpöenergiaa voidaan hyödyntää esimerkiksi kaukolämpöverkossa. Tämän myötä muuta lämmöntuotantoa on voitu pienentää, mikä on vähentänyt siitä aiheutuvia päästöjä. Energiayhtiöiden asiakkaiden kannalta jäteveden tuottaman hukkalämmön käyttäminen kaukolämmön lähteenä on ollut järkevää muun muassa ympäristöhyötyjen vuoksi. (Wasenco Oy, Jäteveden lämmöntalteenotto.)

3.4 Saadun lämpöenergian käyttömahdollisuudet

Lämmöntalteenoton avulla jätevedestä saatua lämpöenergiaa voidaan hyödyntää paikallisesti esimerkiksi jätevedenpuhdistamon tilojen lämmitykseen jo olemassa olevan patteriverkoston tai ilmastointilaitteiden kautta. Lämpöpumppujen tulistusominaisuuden avulla veden lämpötilaa voidaan nostaa lämmittämään myös kiinteistön käyttövettä. Suuremmilla jätevedenpuhdistamoilla lämpöä voidaan siirtää esimerkiksi kaukolämpöverkkoon, joka vähentäisi muutoin

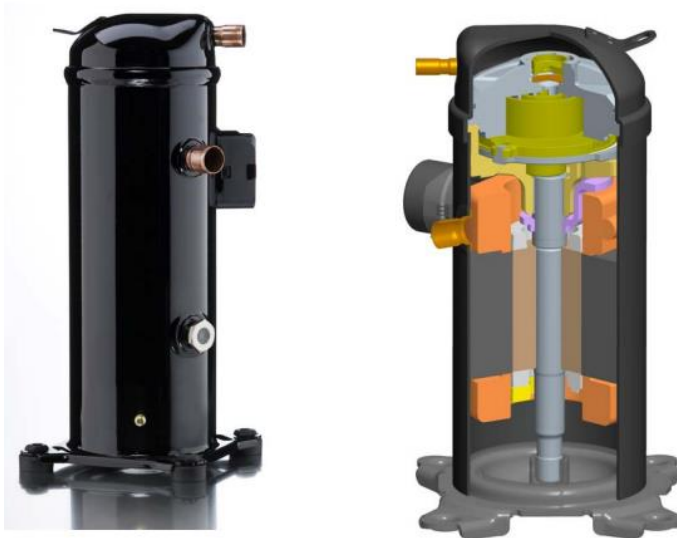
kaukolämmöntuotannon kuluja sekä käytettyjen uusiutumattomien ja ympäristölle haitallisten energianlähteiden käyttöä.

4 LÄMPÖPUMPPU

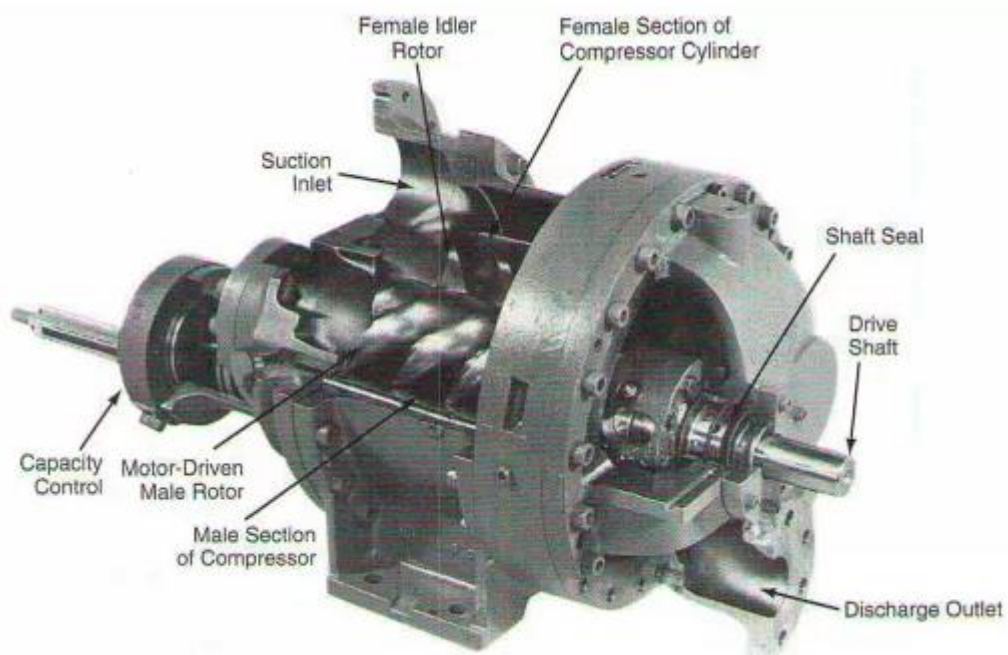
Lämpöpumpulla voidaan siirtää energiaa maasta, vedestä tai ilmasta. Lämpöpumppu toimii sähköllä, mutta tuotettuun lämpöenergiaan nähden se vaatii vain pienen osan suoran sähkölämmityksen vaatimasta sähkön määrästä. Lämpöpumpun toimintaa voidaan verrata jääkaapin toimintaperiaatteeseen, joka ottaa lämmön kaapin sisältä, lämpötilasta $+4-5\text{ °C}$ ja poistaa sen ulkopuolelle, lämpötilassa $+30-40\text{ °C}$. Asuntojen lämmityksessä käytettävien lämpöpumppujen teho on noin 4 kW:sta ylöspäin, kun taas jääkaapin teho on vain noin pari sataa wattia. (Lämpöpumpputyypit, [Viitattu 22.1.2016].)

4.1 Pääkomponentit

Kompressori ylläpitää kylmäaineen kiertoprosessia puristamalla kaasumaisessa olomuodossa olevaa kylmäainetta eteenpäin suljetussa prosessissa. Puristuksessa kylmäaineeseen siirtyy myös kompressorin tekemän työn energia, jolloin kylmäkaasu tulistuu ja lämpenee kuumaksi. (LVI 11-10332, 2002, 2.) Lämpöpumpuissa käytetään hermeettisiä mäntä- ja scroll-kompressoreita (kuvio 5) jopa 100 kW:n asti. Suurilla tehoilla voidaan käyttää esimerkiksi ruuvikompressoreita (kuvio 6). Kokemusten mukaan hermeettiset scroll-kompressorit ovat herkempiä märälle imuhöyrylle kuin hermeettiset mäntäkompressorit. Kompressorien valintakriteereitä ovat lämpökertoimen lisäksi hinta, tilantarve, kestävyys, eristettävyys, äänitaso ja putkiliitännöjen sijainti. (Hakala & Kaappola, 224.)



Kuvio 5. Scroll-kompressor (Danfoss, [Viitattu 4.4.2016]).



Kuvio 6. Ruuvikompressor (LVI Puumala Oy, [Viitattu 6.4.2016]).

Lauhdutin on lämmönsiirrin, jossa kuuma kaasu nesteytyy (lauhtuu) luovuttaen höyrystimessä sitomansa höyrystyslämmön toisiopiirissä kiertävään aineeseen, yleensä lämmitysverkoston veteen, käyttöveteen tai ilmalämmityksen yhteydessä ilmaan. Luovutettuaan höyrystyslämmön kylmäainehöyry tiivistyy jälleen nesteeksi. (LVI 11-10332, 2002, 2.) Lämpöpumpuissa käytetään yleisimmin levylämmönsiirtimen tyyppisiä lauhduttimia niiden pienen tilantarpeen ja hyvän

hinta-laatusuhteen vuoksi. Joissakin lämpöpumpuissa on lauhduttimena putkikierukka, joka on asennettu joko lämmitys- tai käyttövesisäiliön sisä- tai ulkopuolelle. (Hakala & Kaappola, 224.)

Paisuntaventtiili on kylmäkoneen kylmäainepiiriin sijoitettu säädettävissä oleva paineenalennusventtiili, jossa kompressoripaineen alaisen ja nestemäisessä olomuodossa olevan kylmäaineen annetaan laskea alempaan, kompressorin imupuolen paineeseen. (LVI 11-10332, 2002, 2.) Pääosin lämpöpumpuissa käytetään perinteistä termostaattista paisuntaventtiiliä sen edullisen hinnan vuoksi. Termostaattisen paisuntaventtiilin teho riippuu mm. höyrystyslämpötilasta, kylmäaineen alijäähtymisestä ja venttiilin yli vaikuttavasta paine-erosta. Teollisissa ja suuremmissa lämpöpumpuissa käytetään elektronisia paisuntaventtiilejä, sillä ne pystyvät mukautumaan vaihteleviin käyttöolosuhteisiin ja niillä saavutetaan mahdollisimman pieni vakaa tulistus. (Hakala & Kaappola, 225.)

Höyrystin on lämmönsiirrin, jossa paisuntaventtiilin jälkeen alempaan paineeseen siirtyneen kylmäaineen annetaan kiehua, jolloin se muuttuu höyryksi (kuvio 7). Höyrystyminen vaatii lämpöenergiaa, jonka kylmäaine sitoo itseensä höyrystimen toisiopiirissä kiertävästä aineesta, yleensä jäätymättömästä liuksesta tai ilmasta. (LVI 11-10332, 2002, 2.) Lähes kaikki valmistajat käyttävät lämpöpumpuissaan levylämmönsiirtimen tyyppisiä höyrystimiä niiden hyvän hinta-laatusuhteen ja pienen koon vuoksi. Lisäksi levylämmönsiirtimen tavoin toimivat höyrystimet, joissa kylmäaine ja neste virtaavat toisiaan vastaan soveltuvat myös kylmäaineille, joilla on lämpötilaliukuma. (Hakala & Kaappola, 226.)



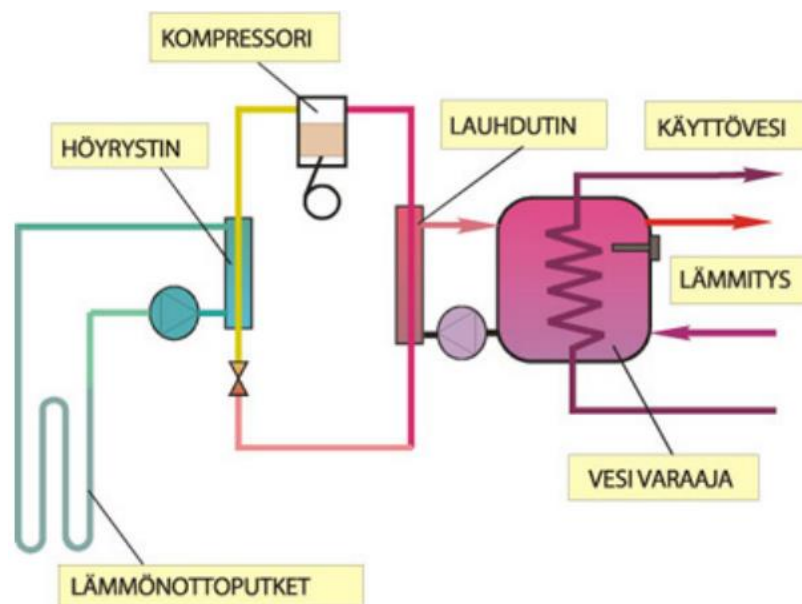
Kuvio 7. Esimerkki höyrystimestä/lauhduttimesta (Multitherm coils, [Viitattu 4.4.2016]).

Kylmäaine on neste ja/tai kaasu, jota kierrätetään lämpöpumpun tai kylmäkoneen suljetussa prosessissa. Kylmäaine kiehuu ja muuttuu höyryksi hyvin alhaisessa lämpötilassa, esimerkiksi $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, sekä lauhtuu ja muuttuu takaisin nesteeksi korkeammassa paineessa, vaikka lämpötila olisi merkittävästi korkeampi, esimerkiksi $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Olomuodon muutos kaasuksi sitoo lämpöä ja muutos takaisin nesteeksi luovuttaa lämpöä. (LVI 11-10332, 2002, 2.) Kylmäaineen valinta vaikuttaa mm. koneiston lämpökertoimeen, puristuslämpötilaan, käyntipaineeseen ja tulistuslämmön osuuteen. Höyrystimen ja lauhduttimen mitoituksessa tulee ottaa huomioon kylmäaineesta riippuen mahdollinen lämpötilaliukuma. Yleisin uusissa maalämpöpumpuissa käytetty kylmäaine tällä hetkellä on R407C. Myös kylmäaineilla R134a, R404A, R507A ja R410A toimivia maalämpöpumppuja on tarjolla. (Hakala & Kaappola, 227.)

4.2 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumpun toiminta perustuu koneistossa kiertävän kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen. Lämpöpumpun toimintakaavio on esitetty kuviossa 8. Höyrystymiseen tarvitaan lämpöä, mikä otetaan höyrystimessä matalassa lämpötilassa esimerkiksi maahan sijoitetussa putkistossa kiertävästä

liuoksesta. Syntyvä höyry puristetaan kompressorilla korkeampaan paineeseen, jolloin se lämpenee. Korkeassa paineessa oleva lämmin höyry jäähdytetään lauhduttimessa, jossa se muuttuu takaisin nesteeksi. Lauhtumisessa vapautuva lämpöenergia siirtyy lauhduttimen läpi virtaavaan veteen tai ilmaan. Nesteinä oleva kylmäaine palaa takaisin höyrystimelle paisuntaventtiilin kautta, jossa sen paine laskee. Järjestelmässä sähköä kuluttaa höyryn painetta korottava kompressor. Lisäksi esimerkiksi maalämpöpumpussa sähköä kuluttaa liuosta kierrättävä pumppu. (Lämpöpumpputyypit, [Viitattu 22.1.2016].)



Kuvio 8. Lämpöpumpun toimintakaavio (Lännen ilmatekniikka, [viitattu 22.1.2016]).

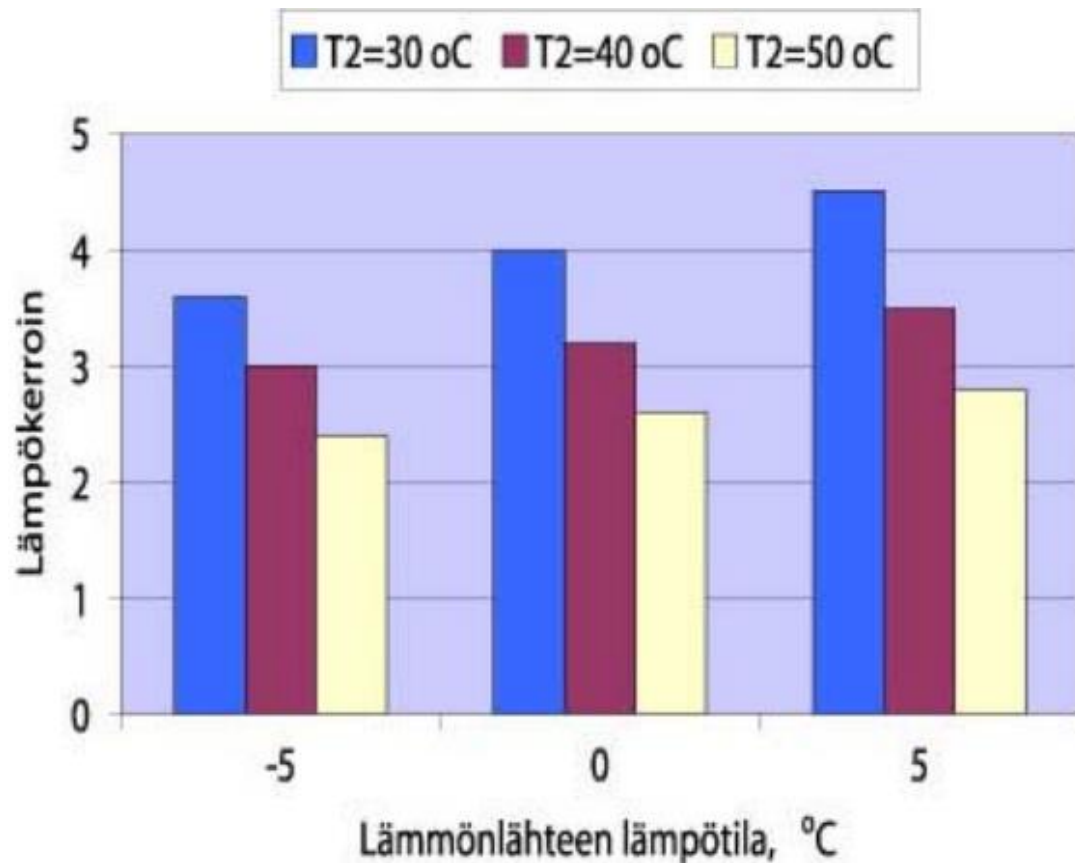
4.3 Lämpökerroin eli hyötysuhde

Lämpöpumpun tehokkuutta mitataan lämpökertoimella, joka on saadun lämmitystehon suhde tarvittavaan sähkötehoon. Esimerkiksi lämpökertoimella 3 saadaan jokaista 1 kW:n sähkötehoa kohti 3 kW lämpötehoa. Tämä energia voidaan ottaa esimerkiksi maasta, vedestä tai jätevedestä. (Lämpöpumpputyypit, [Viitattu 22.1.2016].)

Hyötysuhde voidaan ilmoittaa COP- (Coefficient Of Performance) tai SCOP-lukuna (Seasonal Coefficient of Performance). COP-luku ilmoittaa hyötysuhteen tietyssä lämpötilassa, kun taas SCOP kertoo laitteen vuosihyötysuhteen. COP-lukemia

vertaillessa tulee varmistaa, millä standardilla ja arvoilla COP-luku on ilmoitettu. Jotkin valmistajat käyttävät lukemissaan vanhaa EN 225 -standardia, jolla saadaan suuremmat COP-lukemat kuin virallisella EN 14511 -standardilla. SCOP-luvun standardi on EN 14825, jonka mukaan Eurooppa on jaettu kolmeen eri ilmastovyöhykkeeseen: Etelä-, Keski- ja Pohjois-Eurooppaan. Pohjois-Euroopan laskenta perustuu Helsingin ilmasto-olosuhteisiin, jonka mukaisesti Suomessa myynnissä olevien laitteiden SCOP-lukemat tulee olla laskettu. (Nilan Suomi Oy, COP vs. SCOP-hyötysuhteiden erot.)

Lämpökerroin riippuu lämpöpumpun ominaisuuksien vuoksi melko paljon lämpötiloista lämmönlähteen puolella ja lämmitysjärjestelmän puolella. Parhaimpiin tuloksiin päästään, kun lämmön oton lämpötila on mahdollisimman korkea ja lämmön käytön lämpötila mahdollisimman matala. Lämpöpumpun kannalta kiinteistöissä parhaat lämmönjakotavat ovat siten lattialämmitys ja ilmalämmitys. Esimerkiksi lattialämmityksessä tullaan toimeen putkistoon menevän veden lämpötilan ollessa vähän yli 30 °C. Kuviossa 9 on esimerkkejä eri lämpötilojen vaikutuksesta lämpökertoimeen, jossa T2 on lämmönkäytön lämpötila. (Lämpöpumpputyypit, [Viitattu 22.1.2016].)



Kuvio 9. Lämpötilatasojen vaikutus lämpökertoimeen. T2 on lämmönkäytön lämpötila, esimerkiksi lämmitysverkoston vesi (Lämpöpumpputyypit, [viitattu 22.1.2016]).

4.4 Lämpöpumpun mitoitus ja valinta

Lämpöpumpun tehon mitoituksessa käytetään osa- tai täystehomitoitusta. Osatehomitoituksessa lämpöpumpun enimmäisteho mitoitetaan vastaamaan 50–70 % rakennuksen lämmitystehon enimmäistarpeesta, jolloin lämpöpumppu kuitenkin tuottaa lämmitysenergian kokonaisvuositarpeesta 80–95 %. Lämpöpumppu käy hyvällä hyötysuhteella pitkiä jaksoja lämmityskaudella. Lisätehoa saadaan tarvittaessa vesivaraajaan asennetulla sähkövastuksella. Näin vähennetään merkittävästi kompressorin pysäytys- ja käynnistyskertoja ja siten myös sähkönkulutusta, kulumista ja lämpökertoimen alenemista. Täystehomitoituksessa lämpöpumppu mitoitetaan enimmäisteholle, jolloin järjestelmä tuottaa tarvittavan energian kokonaan lämpöpumpulla. Täystehomitoituksessa tarvitaan yleensä isompi lämminvesivaraaja. Täystehomitoituksessa investointikustannus on jonkin verran suurempi.

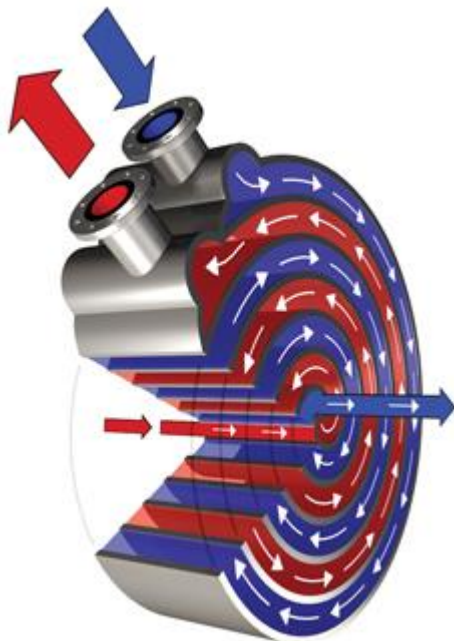
Kannattavuustarkastelu on syytä tehdä tapauksittain. Lämpöpumpun lämpökerrointa parannetaan merkittävästi mitoittamalla maalämpöpumppu mahdollisimman korkeaan höyrystyslämpötilaan (0–3 °C) ja alhaiseen lauhtumislämpötilaan (35–40 °C). (LVI 11-10332, 2002, 5.)

4.5 Lämmönkeruujärjestelmä

Lämmöntalteenoton sijoitus jätevedenpuhdistamolla tulisi olla puhdistusprosessin lopussa, jossa jätevesi sisältää mahdollisimman vähän lämmönvaihtimia tai putkistoa likaavaa kiintoainetta. Lisäksi puhdistusprosessin mikrobitoiminnan kannalta puhdistettavan jäteveden lämpötilan ei tulisi laskea alle 12 °C. Tehokkuuden ja toiminnan kannalta lämmönkeruujärjestelmän valinnalla ja toteutuksella on suuri merkitys lämmöntalteenottoon. Lämmönkeruu voidaan toteuttaa erilaisten lämmönvaihtimien avulla suoraan jäteveden ja lämpöpumpun kylmäaineen välillä tai jätevesikanavaan tai -altaaseen asennettavan lämmönkeruuputkiston avulla, jolloin putkistossa kiertävä neste kerää lämmön jätevedestä ja luovuttaa sen sitten vaihtimen avulla lämpöpumpussa kiertävään kylmäaineeseen. Lämmönkeruuputkisto voitaisiin asentaa esimerkiksi ilmastusaltaan reunoille tai purkukanavaan, mutta ongelmaksi saattaisi muodostua putkiston ympärille kasaantuva irtoaine, joka heikentäisi lämmön siirtymistä jätevedestä putkistossa kiertävään nesteeseen. Lämmönkeruujärjestelmän huoltotarve onkin yksi merkittävistä tekijöistä lämmöntalteenotossa ja järjestelmän mahdolliset huollot tulisikin ajoittaa kesälle, jolloin kiinteistön lämmitystarve on mahdollisimman vähäinen. Suoraan jäteveden ja kylmäaineen välillä voidaan käyttää esimerkiksi levylämmönvaihdinta tai spiraalilämmönvaihdinta (kuviot 10 ja 11). Levylämmönvaihdin on huomattavasti spiraalilämmönvaihdinta edullisempi ratkaisu, mutta käyttökokemuksien mukaan levylämmönvaihdin kerää sisälleen kasvustoa ja vaatii säännöllistä puhdistusta. Lapuan jätevedenpuhdistamolla on ollut käytössä sama spiraalilämmönvaihdin jo vuodesta 1994, jolle ei ole esiintynyt juurikaan puhdistustarvetta (Lapuan jätevesi Oy, [Viitattu 6.4.2016]).



Kuvio 10. Esimerkki spiraalilämmönvaihtimesta (Alfa Laval, [Viitattu 5.4.2016]).



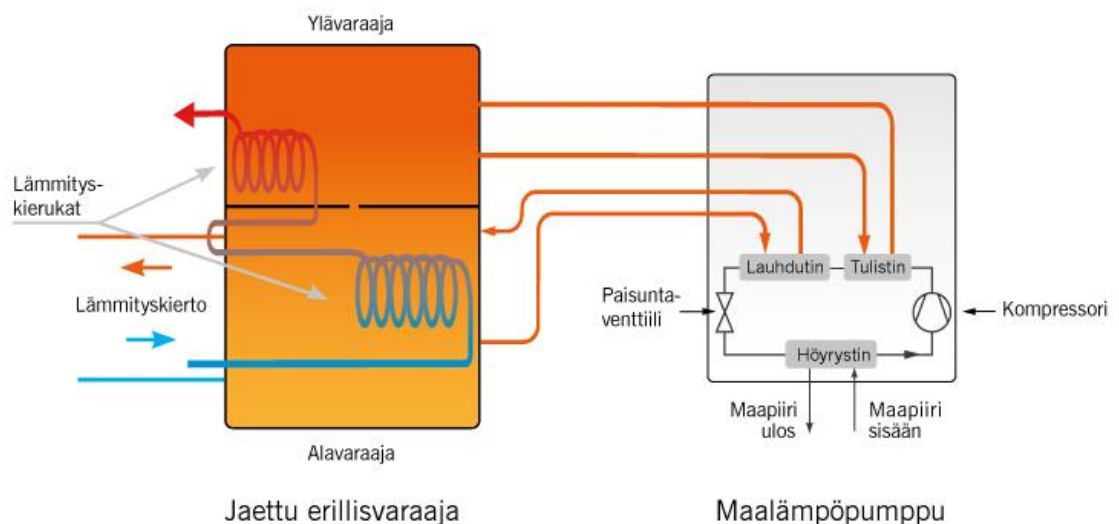
Kuvio 11. Spiraalilämmönvaihtimen toimintaperiaate (Alfa Laval, [Viitattu 5.4.2016]).

4.6 Lämpöpumppuvalmistajia

Jätevesijärjestelmän lämmöntalteenottoon sopii oikeastaan mikä tahansa maalämpöpumppu. Valintaan vaikuttaakin suurimmalta osin lämpöpumpulta vaadittava teho, lämminvesivaraajalle haluttavan nesteen lämpötila ja halutaanko lämpöpumpulta esimerkiksi jäähdytysominaisuutta. Tehoa saadaan lisää kytkemällä lämpöpumppuja rinnan ja kiinteistöautomaatio mahdollistaa useamman lämpöpumpun energiatehokkaan toiminnan.

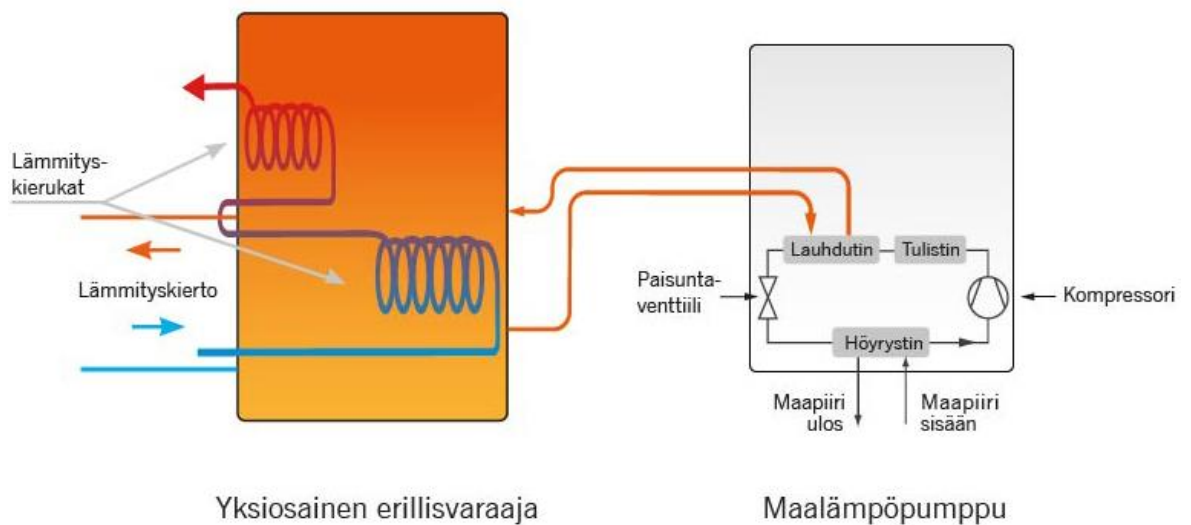
4.6.1 Lämpöässä

Suomen lämpöpumpputekniikka Oy Lämpöässällä on maalämpöpumpuissa T/P-mallisto, joka soveltuu kerrostaloihin, rivitaloihin, omakotitaloihin, teollisuuskiinteistöihin, julkisiin rakennuksiin ja maatiloille. T/P-mallit soveltuvat hyvin suuren pinta-alan ja/tai suuren lämpimän käyttöveden kulutuksen omaaviin kiinteistöihin. T/P-malleihin on mahdollista liittää ÄssäCooling-jäähdytys ja ÄssäSolar-aurinkokerääjät. Tarvittaessa T/P-mallin maalämpöpumppu voidaan mitoittaa myös osatehoiseksi. T-malleihin voidaan kytkeä useita erikokoisia vesivaraajia varastoimaan lämpöpumpun tuottamaa lämpöenergiaa (kuvio 12). T-malli hyödyntää tulistustekniikkaa, jolla pystytään tuottamaan lämmitys ja lämmin käyttövesi samanaikaisesti. (T/P-maalämpöpumput, [Viitattu 6.4.2016].)



Kuvio 12. Lämpöässä T-mallin toiminta (T/P-maalämpöpumput, [Viitattu 6.4.2016]).

P-malli (kuvio 13) soveltuu paremmin käytettäväksi kiinteistöissä, jossa lämpimän käyttöveden kulutus ja tarve on vähäinen, tai kiinteistöön, jossa jo on maalämpöpumppukäyttöön soveltuva yksiosainen vesivaraaja. Tällöin käytetään yksiosaista vesivaraajaa ja lämpöpumpun tulistinkiertoa ei kytkeä käyttöön. Jos kiinteistössä on jo asennettuna maalämpöpumppukäyttöön soveltuva yksiosainen vesivaraaja, voidaan P-malli kytkeä siihen suoraan. (T/P-maalämpöpumput, [Viitattu 6.4.2016].)



Kuvio 13. Lämpöässä P-mallin toiminta (T/P-maalämpöpumput, [Viitattu 6.4.2016]).

Lämpöässä Maalämpökeskus (kuvio 14) on tehtaalla valmiiksi rakennettu kokonaisuus, joka toteutetaan yksien seinien sisään Lämpöässä tehtaalla. Maalämpökeskus suunnitellaan kohteen lämmitys-, lämpimän käyttöveden- ja jäähdytystarpeiden mukaan. Maalämpökeskus soveltuu hyvin suuriin ja vaativiin kiinteistöihin, joissa tavanomaisen maalämpöjärjestelmän asentaminen ei ole mahdollista tai laitteiston asentaminen ei onnistu jo olemassa oleviin tiloihin. Keskukseen perustoimitukseen kuuluvat aina lämpöeristetty rakennus, maalämpöpumppu ja vesivaraaja sekä niiden väliset kytkennät, sähkökeskus sekä ÄssäControl-ohjaus, joka mahdollistaa etävalvonnan ja -seurannan sekä huollon etäpalvelut. Maalämpökeskus asennetaan valmiiksi tehdyn perustuksen päälle ja kytketään kiinteistön lämmitys- ja käyttövesijärjestelmään. (Maalämpökeskus, [Viitattu 6.4.2016].)



Kuvio 14. Lämpöässä maalämpökeskus (Maalämpökeskus, [Viitattu 6.4.2016]).

4.6.2 Oilon Scancool

Oilon Scancoolilla on tarjolla kunnallisen ja teollisen jäteveden sisältämän hukkalämmön talteenottoon suuritehoisia ChillHeat-lämpöpumppuja. Yhdellä ja samalla ChillHeat-lämpöpumpulla voidaan tuottaa samanaikaisesti tai erikseen jäähdytystä ja lämmitystä. ChillHeat-mallistoon kuuluu RE-, P- ja S-sarja (taulukko 2). RE-sarjan lämpöpumput ovat parhaimmillaan kiinteistöjen ja teollisuuden lämmityksessä sekä jäähdytyksessä. P-sarja tuottaa korkealla hyötysuhteella ja erittäin alhaisilla osatehoilla jopa 80-asteista vettä. S-sarja tuottaa maksimissaan 67-asteista vettä hyvällä hyötysuhteella. RE-sarjassa käytetään scroll-kompressoreita, P-sarjassa mäntä-kompressoreita ja S-sarjassa ruuvi-kompressoreita. (Oilon ChillHeat, [Viitattu 6.4.2016].)

Taulukko 2. ChillHeat-tuotteiden ominaisuuksia (Oilon ChillHeat, [Viitattu 6.4.2016]).

ChillHeat	RE	P	S
Lämpöteho EN 14511 0/35	110 - 420 kW	150 - 380 kW	180-1200 kW
Tuotetun lämmön maks. lt	65 °C*	80 °C	67 °C
Tuotetun jäähdytyksen min. lt	-15 °C	-20 °C	-15 °C
ChillHeat-tuotteiden teknistaloudellinen soveltuvuus eri sovelluksiin			
Yhdistetty jäähdytys ja lämmitys	• • •	• • •	• • •
Kylmälaitoksen lämmöntalteenotto	•	• • •	• • •
Jäteveden lämmöntalteenotto	• •	• • •	• • •
Maalämpö	• • •	• • •**	• •
Savukaasujen talteenotto	•	• • •	• • •
Ulkoilmasta lämpöä	• • •	• • •	• • •
Prosessilämpöjen talteenotto	•	• • •	• • •
Vedenjäähdytyssovellukset	• • •	•	• •
Pakkaslämpötilasovellukset	• •	• • •	• • •
<div> <div>• • •</div> Erinomainen </div> <div> <div>• •</div> Hyvä </div> <div> <div>•</div> Rajoitettu </div> <div> <div>*</div> RE 210 ja 420 -malleilla maalämpösovelluksissa tuotetun lämmön maksimi lt. 60 °C </div> <div> <div>**</div> Vaativissa olosuhteissa </div>			

4.6.3 NIBE

NIBE:n AP-BW30-malliston maalämpöpumput on suunniteltu suurempien asuin- ja teollisuuskiinteistöjen tarpeisiin. Yhdellä kyseisen malliston maalämpöpumpulla lämpötehoa saadaan 29–160 kW. Yhdellä kompressorilla päästään 69 kW:n ja siitä ylöspäin kompressoreita tarvitaan kaksi. Korkean lämpötilan malleja on 69 kW:n asti ja niillä veden lämpötila saadaan nostettua 70 asteeseen. Malleja pystyy kytkemään keskenään rinnan teholuokissa 29–69 kW tai 85–160 kW. (NIBE, [Viitattu 6.4.2016].)

5 LAINSÄÄDÄNTÖ

5.1 Rakentamismääräykset

Suunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D1, joka sisältää määräyksiä ja ohjeita koskien kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistoja. Asetuksena annetut ja rakentamismääräyskokoelmaan kootut rakentamista koskevat säännökset ovat velvoittavia, kun taas ohjeet eivät ole. Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat tarkemmin uuden rakennuksen rakentamista. Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä määräyksiä on voitu soveltaa vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa ovat edellyttäneet. Rakentamista koskevien määräysten soveltaminen on tarkoitettu joustavaksi rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet huomioon ottaen. (Rakentamismääräyskokoelma, 29.3.2016.)

5.2 Vesihuoltolaki

Tätä lakia sovelletaan asutuksen vesihuoltoon sekä, jollei toisin säädetä, asutukseen vesihuollon kannalta rinnastuvan elinkeino- ja vapaa-ajantoiminnan vesihuoltoon. Lain tavoitteena on turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärointi. Vesihuollolla tarkoitetaan veden johtamista, käsittelyä ja toimittamista talousvetenä käytettäväksi sekä jäteveden poisjohtamista ja käsittelyä. (L 9.2.2001/119.)

6 KATSELMUS- JA INVESTOINTITUET

Työ- ja elinkeinoministeriö tukee heidän ja Motivan ohjeiden mukaisesti toteutettuja ja raportoituja kiinteistöjen tai yritysten kokonaisvaltaista energiansäästöselvitystä. TEM:n energiakatselmustukea voivat hakea yritykset ja yhteisöt, kuten kunnat, seurakunnat ja säätiöt. Katselmustuen piiriin kuuluvat myös voimalaitosalan, kuljetusketjujen ja kaukolämpöalan katselmushankkeet sekä uusiutuvan energian kuntakatselmuksien. Energiatehokkuuslaki vaatii suuria yrityksiä tekemään yrityksen energiakatselmuksen joka neljäs vuosi, ensimmäisen kerran 5.12.2015 mennessä. Yrityksen energiakatselmukseen sisällytetään kohdekatselmuksia, joihin ei ole enää mahdollista hakea energiatukea. Tukea ei myönnetä valtion virastoille tai liikelaitoksille. Energiakatselmuksessa käsitellään aina koko kohteen sähkön, lämmön ja veden säästömahdollisuuksia sekä uusiutuvien energiamuotojen käyttömahdollisuuksia. (Motiva Oy, 28.9.2015.)

Yrityksille ja yhteisöille voidaan myöntää investointitukea muun muassa hankkeisiin, joissa edistetään uusiutuvan energian käyttöä tai niissä hyödynnetään uutta teknologiaa energiansäästön edistämiseksi. Energiatehokkuussopimusjärjestelmään liittyneiden yritysten ja yhteisöjen on lisäksi mahdollisuus saada tapauskohtaisesti tukea myös tavanomaisen tekniikan säästöinvestointien toteuttamiseen, joka on yleensä enimmillään 20 %. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

Suosittelavaa on ensin teettää energiakatselmus, joka toimii usein suurimmalta osin investointihakemuksen selvitysosana. Energiakatselmus ei kuitenkaan ole investointituen ehto, mutta tukihakemusta helpottaa, jos investointi on löytynyt säästömahdollisuuksia haettaessa. Tukihakemuksessa on pystyttävä laskelmillla selkeästi osoittamaan koituvat energiasäästöt. Investointitukihakemukseen liittyvän selvityksen tulee sisältää laskelmien ja niiden lähtötietojen lisäksi muun muassa perusteet hankkeen toteuttamiselle, erittelyn investointikustannuksista sekä hankkeen teknisen kuvauksen. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

TEM:n energiakatselmusten yleisohjeiden mukaan tehdyille energiakatselmuksille ja -analyysille tuki on pääsääntöisesti enintään 40 % hyväksytyistä katselmuksen työkuksannuksista. Lisäksi uusiutuvan energian kuntakatselmuksiin tuki on

enintään 60 %. Energiansäästöön liittyvien investointitukien pääpaino on uuden teknologian hyödyntämisessä, jossa tuki voi olla enintään 40 %. Uudella teknologialla tarkoitetaan ratkaisuja, joita ei ole Suomessa aiemmin laajemmin sovellettu kaupallisessa mittakaavassa. Pääsääntöisesti uudelle teknologialle tuki on 25–35 % ja tämä koskee vain hankkeessa uutta teknologiaa sisältävää osuutta. Vanhemman teknologian arvioidulle osuudelle tukitaso on alhaisempi. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

ESCO-palveluilla toteutettavien hankkeiden tuki voi olla 25 %, mikäli hakija on liittynyt energiatehokkuussopimusjärjestelmään, eli niin sanottua tavanomaisen tekniikan tukea korkeampi. Muissa kuin energiatehokkuussopimuksiin liittyvissä kohteissa ESCO-palvelulla toteutettavan hankkeen tuki voi olla enintään 15 %. (Motiva Oy, 22.9.2015.)

Edellytyksenä tuen myöntämiselle on, että sillä arvioidaan olevan tärkeää merkitys hankkeen käynnistymiselle. Tukea myönnetään vain sille osa-alueelle investoinnista, joka on välttämätön energiansäästön aikaansaamiseksi. Tämän osuuden korottoman takaisinmaksuajan on oltava yli 3 vuotta. Suurilta yrityksiltä vaaditaan hakemuksen yhteyteen selvitys, jossa esitetään investoinnin kannattavuus tuen kanssa ja ilman, sekä tuen tarvetta koskevat kirjalliset perustelut. Tuettavan investointihankkeen minimihinta on 10 000 euroa, johon on mahdollisuus yhdistää minimihinnan täyttymiseksi useampia pieniä säästöinvestointeja. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

Energiakatselmustukea sekä investointitukea on haettava aina ennen hankkeen aloittamista. Energiakatselmuksen aloittamiseksi katsotaan sitovan tilauksen tekeminen. Investointi katsotaan aloitetuksi, kun sitä koskeva lopullinen ja sitova investointipäätös tai laitetilaus on tehty tai rakentaminen on aloitettu. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

Viralliset tulkinnat energiatukiin ja niiden myöntämiseen liittyen tehdään Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksissa ja TEM:ssä. Tukea haetaan sen alueen ELY-keskuksesta, jossa energiakatselmus tai investointi toteutetaan. Jos hankkeessa on useita eri ELY-keskusten alueilla olevia katselmuskohteita, käsitellään

tukihakemus hakijan kotipaikkaa lähinnä olevassa ELY-keskuksessa. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

Mikäli energiatehokkuussopimusjärjestelmän piiriin kuuluva tuettava hanke irtisanoutuu tai irtisanotaan sopimusjärjestelmästä, tuen myöntäjä voi tukipäätöksen mukaisesti päättää tuen takaisinperinnästä. (Motiva Oy, Energiatuki 2015.)

7 POHDINTA

Lämmitysenergian kustannusten noustessa tulisi yhä enemmän kiinnittää huomiota niin sanottujen ilmaisenergioiden hyödyntämiseen. Viemäreissä kulkeva jätevesi on yksi potentiaalisimmista ilmaisenergianlähteistä, kun otetaan vielä huomioon, että sitä ei tarvitse erikseen lähteä mistään etsimään tai siirtämään. Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla jäteveden alhaisimmillakin virtaamilla ja lämpötiloilla jätevedestä olisi teoreettisesti saatavilla tehoa noin 2400 kW, kun esimerkiksi vuonna 1977 rakennetun yksikerroksisen 100 m² omakotitalon lämmitystehon tarve on noin 4 kW. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että Seinäjokeen johdettava puhdistettu jätevesi lämmittää vesistöä 600 asuinrakennuksen vaatimalla lämmitysteholla.

Jätevedenpuhdistamon rakennuksille tulisi teettää perusteellinen energiakatselmus, jonka mukaan lämpöpumppu ja lämmönkeruujärjestelmä voitaisiin mitoittaa. Samalla voisi nousta esiin muitakin energiansäästökohteita. Energiakatselmus toimii myös usein suurimmalta osin investointihakemuksen selvitysosana. TEM:n energiakatselmusten yleisohjeiden mukaan tehdyille energiakatselmuksille ja -analyysille tuki on pääsääntöisesti enintään 40 % hyväksytyistä katselmuksen työ kustannuksista. Energiatehokkuussopimusjärjestelmään liittyneiden yritysten ja yhteisöjen on lisäksi mahdollisuus saada tapauskohtaisesti tukea myös tavanomaisen tekniikan säästöinvestointien toteuttamiseen, joka on yleensä enimmillään 20 %.

Lämmöntalteenottojärjestelmän valinnassa tulisi vielä pohtia, halutaanko laitteistolta vähäistä huolto- ja puhdistustarvetta, joka kuitenkin tarkoittaisi suurempia investointikustannuksia. Vähäisellä huollon ja puhdistuksen tarpeella lämmöntuoton katkokset olisivat mahdollisimman vähäiset ja samoin vähenisivät vaikutukset puhdistusprosessiin. Rakennusten lämmityksen osalta nykyinen patteriverkosto ajaa hyvin asiansa. Lämpöpumpun jäähdytysominaisuuden hyödyntämiseksi tulisi haluttuihin tiloihin hankkia siihen soveltuva järjestelmä, esimerkiksi puhallinkonvektorit voisivat sopia tähän tarkoitukseen.

LÄHTEET

- Alfa Laval. Ei päiväystä. Welded spiral heat exchangers. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 5.4.2016]. Saatavana: <http://www.alfalaval.fi/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/Welded-spiral-heat-exchangers/ALSHE-Cond/>
- D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. Rakennetun ympäristön osasto. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Danfoss. Ei päiväystä. Kylmäsovellusten scroll-kompressorit. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 5.4.2016]. Saatavana: http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/D42A573B-D423-42A4-B366-9B9EF12272C8/0/scroll_textFIN.pdf%20H%C3%A4mtad%2020.3.2014
- Hakala, P. & Kaappola, E. 2011. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.
- Jätevedenpuhdistamot. Ei päiväystä. Seinäjoen Vesi. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.1.2016]. Saatavana: <http://www.seinajoenvesi.fi/Jatevedenpuhdistamot>
- L 9.2.2001/119. Vesihuoltolaki.
- Lapuan jätevesi Oy. Ei päiväystä. Lämpöässä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2016]. Saatavana: <http://www.lampoassa.fi/maalampo/teollisuus-ja-liikekiinteistot/japuan-jatevesi/>
- LVI 11-10332. 2002. Lämpöpumput. Helsinki: Rakennustieto.
- LVI Puumala Oy. Ei päiväystä. Ruuvikompressorit. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2016]. Saatavana: <http://www.ref-wiki.com/fi/content/view/31448/28/>
- Lämpöpumpputyypit. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.1.2016]. Saatavana: <http://www.lannenilmatekniikka.fi/pdf/Lampopumpputyypit.pdf>
- Maalämpökeskus. Ei päiväystä. Lämpöässä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2016]. Saatavana: <http://www.lampoassa.fi/tuotteet/maalampokeskus/>
- Motiva Oy. Ei päiväystä. Energiatuki 2015. [Verkkojulkaisu]. Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 10.2.2016]. Saatavana: http://www.motiva.fi/files/10561/Energiatuki_2015.pdf
- Motiva Oy. Päivitetty 22.9.2015. ESCO-palvelu. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.2.2016]. Saatavana: <http://www.motiva.fi/esco-palvelu>

- Motiva Oy. Päivitetty 28.9.2015. Katselmus- ja investointituet. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.2.2016]. Saatavana: http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus- ja_investointituet
- Multitherm coils. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 4.4.2016]. Saatavana: <http://www.multithermcoils.com/refrigerant-condenser.html>
- NIBE. Ei päiväystä. NIBE Energy Systems Oy. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 6.4.2016]. Saatavana: <http://www.nibe.fi/nibedocuments/13870/M11591-1.pdf>
- Nilan Suomi Oy. Ei päiväystä. COP vs. SCOP - hyötysuhteiden erot. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 22.1.2016]. Saatavana: <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>
- Oilon ChillHeat. Ei päiväystä. Oilon Oy. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 6.4.2016]. Saatavana: http://www.oilon.com/uploadedFiles/OilonScancool/Product_material/Oilon_Scancool_FI_screen.pdf
- Puhdistusprosessi. Ei päiväystä. Seinäjoen Vesi. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 13.1.2016]. Saatavana: <http://www.seinajoenvesi.fi/Puhdistusprosessi>
- Puhdistusvaatimukset ja -tulokset. Ei päiväystä. Seinäjoen Vesi. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 13.1.2016]. Saatavana: http://www.seinajoenvesi.fi/Puhdistusvaatimukset- ja_tulokset
- Rakentamismääräyskokoelma. Päivitetty 29.3.2016. Ympäristöministeriö. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma
- T/P-maalämpöpumput. Ei päiväystä. Lämpöässä. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 6.4.2016]. Saatavana: <http://www.lampoassa.fi/tuotteet/t-maalampopumput/>
- Wasenco Oy. Ei päiväystä. Jäteveden lämmöntalteenotto. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.1.2016]. Saatavana: <http://wasenco.com/jateveden-lammon-talteenotto/>

